

510 511

AU 212

48606

310/328

JA 0142979

JUN 1986

(54) MOTOR USING PIEZOELECTRIC ELEMENT

(11) 61-142979 (A) (43) 30.6.1986 (19) JP

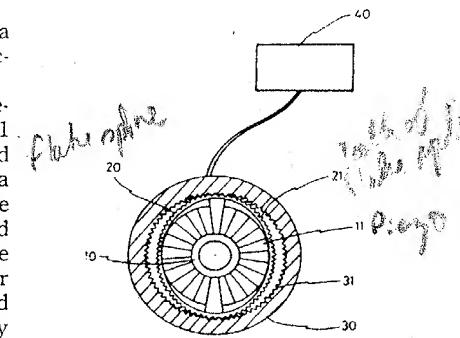
(21) Appl. No. 59-265593 (22) 17.12.1984

(71) NEC CORP (72) HIROKI IKEDA

(51) Int. Cl<sup>4</sup>. H02N2/00, H01L41/08

PURPOSE: To form a small-sized drive unit of high performance by using a wave generator made by radially and annularly disposing a plurality of piezoelectric elements.

CONSTITUTION: A motor using a plurality of piezoelectric elements 11 has piezoelectric wave generators 10 in which the plurality of piezoelectric elements 11 are radially and annularly arranged, a flake spline 20 made of thin cup-shaped elastic metal and formed with involute teeth 21 on the outer periphery of a hole, a circular spline 30 formed with teeth 31 having the same pitch as the teeth 21 and two teeth more than the number of the teeth 21 on the ring-shaped inner periphery, and a piezoelectric element drive circuit 40. Thus, voltage are applied to two elements 11a, 11n opposed on the radial line of the generator 10 to be elongated to deform the spline 20 in an elliptical shape to be contacted with the teeth 31 of the spline 30. The spline 30 can be rotated by sequentially shifting the voltage application to the adjacent sets of elements 11.



Joined

Connected

NC

boun d

## ⑫ 公開特許公報 (A) 昭61-142979

⑤ Int. Cl. 4  
H 02 N 2/00  
H 01 L 41/08

識別記号

厅内整理番号  
8325-5H  
C-7131-5F

⑬ 公開 昭和61年(1986)6月30日

審査請求 未請求 発明の数 1 (全5頁)

⑭ 発明の名称 圧電素子を用いたモータ

⑮ 特願 昭59-265593

⑯ 出願 昭59(1984)12月17日

⑰ 発明者 池田 弘樹 東京都港区芝5丁目33番1号 日本電気株式会社内

⑮ 出願人 日本電気株式会社 東京都港区芝5丁目33番1号

⑯ 代理人 弁理士 内原 晋

## 明細書

## 1. 発明の名称

圧電素子を用いたモータ

## 2. 特許請求の範囲

(1) 内周に歯が刻まれた剛体のサークュラ・スライドと、前記サークュラ・スライド内に設けられ、外周に前記サークュラ・スライドの歯とかみ合いかつ前記サークュラ・スライドの歯の歯数と異なる歯数の歯が刻まれた弾性体のフレクススライドと、前記フレクススライド内に設けられ、前記サークュラ・スライドの中心に対して放射状かつ環状に配列されかつ放射状方向に各々電歪効果を発生する複数個の圧電素子から成る圧電ウェーブ・ジェネレータとを備え、向かい合う少なくとも2個の前記圧電素子に電圧を印加して、前記サークュラ・スライドの直径上の2点で前記サークュラ・スライドと前記フレクススライドとが互いの歯を介して接するように電歪効果を発生させ、前記電圧配分を回転するように順次移行させることにより、前記フレクススライド

に対して前記サークュラ・スライドを回転させることを特徴とする圧電素子を用いたモータ。

(2) 特許請求の範囲第1項に記載の圧電素子を用いたモータにおいて、前記フレクススライドが楕円状をなすように、前記少なくとも2個の圧電素子に対して、各々電歪効果を発生させることを特徴とする圧電素子を用いたモータ。

## 3. 発明の詳細な説明

## (産業上の利用分野)

本発明は、圧電素子の電歪効果を用いたモータに関するものである。

## (従来技術とその問題点)

従来、ロボットの関節部や工作機械の送り機構部等にモータと減速ギヤとなるハーモニックドライブとを組合せて使用する場合が多かった。このハーモニックドライブは、高減速比が簡単に得られる、パックラッシュが小さい、回転精度が高い、部品点数が少なく組込み易い、小型・軽量である、高トルク容量が得られる、動力損失が少なくて高効率である、振動が少ないなどの多くの特徴

を持っている。

しかし、ハーモニックドライブは単に減速ギヤであって、アクチュエータではないので、モータ等のアクチュエータと組合せて使用する必要があった。

#### (発明の目的)

本発明の目的は、従来のハーモニックドライブの持つ特徴を生かしかつアクチュエータとなる、圧電素子を用いたモータを提供することにある。

#### (発明の構成)

本発明の圧電素子を用いたモータは、内周に歯が刻まれた剛体のサークュラ・スプラインと、前記サークュラ・スプライン内に設けられ、外周に前記サークュラ・スプラインの歯とかみ合いかつ前記サークュラ・スプラインの歯の歯数と異なる歯数の歯が刻まれた弾性体のフレクススラインと、前記フレクススライン内に設けられ、前記サークュラ・スラインの中心に対して放射状かつ環状に配列されかつ放射状方向に各々電歪効果を発生する複数個の圧電素子から成る圧電ウェーブ・ジ

エネレータとを備え、向かい合う少なくとも2個の前記圧電素子に電圧を印加して、前記サークュラ・スラインの直径上の2点で前記サークュラ・スラインと前記フレクススラインとが互いの歯を介して接するように電歪効果を発生させ、前記電圧配分を回転するように順次移行させることにより、前記フレクススラインに対して前記サークュラ・スラインを回転させることを特徴としている。

#### (作用)

本発明の圧電素子を用いたモータは、ハーモニックドライブと同様な動作を自身で行うので、カップ型のハーモニックドライブを例にとり動作原理を説明する。

第6図にカップ型ハーモニックドライブの分解斜視図を、第7図にその断面図を示す。カップ型ハーモニックドライブは、楕円状のカム101とその外周にはめ込まれ外輪が弾性変形するボールベアリング102から構成されるウェーブ・ジェネレータ100と、薄肉のカップ状の金属弾性体

で開口部の外周にインボリュート歯111が刻まれたフレクススライン110と、剛体でリング状をし内周にフレクススライン110のインボリュート歯111と同ピッチでこれより歯数が2枚多いインボリュート歯121が刻まれたサークュラ・スライン120との3点の基本要素から構成されている。ウェーブ・ジェネレータ100は、外部に接続されたモータ等によって回転させられ、その回転は順次サークュラ・スライン120に伝達される。

このような構成のカップ型ハーモニックドライブの動作原理を第8図を参照しつつ説明する。第8図において、各矢印100'、110'、120'は、第6図に示すウェーブ・ジェネレータ100、フレクススライン110、サークュラ・スライン120の回転位置をそれぞれ示す。ウェーブ・ジェネレータ100が、外部に接続されたモータ等によって回転され、第8図(a)に示すような回転位置にあるとき、ウェーブ・ジェネレータ100によって楕円状にたわめられたフレク

スライン110が長軸部でサークュラ・スライン120と互いのインボリュート歯によりかみあっている。ウェーブ・ジェネレータ100が、第8図(a)の位置から時計方向に90°回転すると、第8図(b)に示すようにかみ合う位置も移動する。ウェーブ・ジェネレータ100が、第8図(b)の位置から時計方向にさらに90°回転すると、フレクススライン110は、歯数1枚分だけ反時計方向に移動する。ウェーブ・ジェネレータ100が時計方向に一回転すると第8図(d)に示すようにフレクススライン110は歯数差2枚分だけ反時計方向に移動する。このように、従来のハーモニックドライブは、外部に接続されたモータ等によってウェーブ・ジェネレータ100が回転されると、その結果フレクススライン110に対してサークュラ・スライン120が回転することになる。

本発明では従来のハーモニックドライブにおいてウェーブ・ジェネレータ100を用いず、複数個の圧電素子を放射状かつ環状に配列して成るウ

エーブ・ジェネレータ（以下、圧電ウェーブ・ジェネレータといふ）を用いる。この圧電ウェーブ・ジェネレータによれば、互に向かい合う少なくとも2個の圧電素子に電圧を印加して電圧効果を発生させることにより、ウェーブ・ジェネレータ100と同等の楕円形状が得られる。そこで、印加する電圧を隣接する圧電素子に順次移行すれば、楕円形状の長軸が回転する結果、圧電ウェーブ・ジェネレータに対してウェーブ・ジェネレータ100が外部から回転させられるのと同じような動作をさせることが出来る。

## 〔実施例〕

第1図および第2図は、本発明の圧電素子を用いたモータの一実施例を示す図であり、第1図はモータの回転軸方向に垂直な断面図、第2図はモータの回転軸方向に平行な断面図である。

このモータは、複数個の圧電素子11を放射状かつ環状には配列して成る圧電ウェーブ・ジェネレータ10と、薄肉のカップ状の金属弾性体で開口部の外周にインボリュート歯21が刻まれたフ

レクスライン20と、剛体でリング状をし内周に前記フレクスライン20のインボリュート歯21と同ピッチでこれより歯数が2枚多いインボリュート歯31が刻まれたサーキュラ・スプライン30と、複数個の圧電素子11を各々駆動制御する圧電素子駆動装置40とを備えている。

以下に、このような構成のモータの動作を、第3図および第4図を参照しつつ説明する。第3図および第4図は圧電ウェーブ・ジェネレータ10を構成する圧電素子11a, 11b, ..., 11yを示しており、第3図は不作動状態にある場合を、第4図は動作状態にある場合をそれぞれ示している。

圧電素子11a～11yは、第3図に示すように、サーキュラ・スプライン30の中心Oに対し放射状かつ環状に配列されて圧電ウェーブ・ジェネレータ10を形成している。各圧電素子は、圧電素子駆動装置40による制御に基づいて電圧が印加されると電圧効果を発生し放射状方向に伸長する。そこで、第4図に示すように円形状の圧

電ウェーブ・ジェネレータ10の直径上に並んで向かい合う2個の圧電素子11aと11nに各々電圧を印加すると、これら圧電素子が放射状方向に伸長する結果、図中点線で示すようにフレクスライン20が楕円状に変形され、サーキュラ・スプライン30の直径上の2点でサーキュラ・スプライン30とフレクスライン20とが互いの間に接する。そこで、圧電素子駆動装置40により、2個の圧電素子11a, 11nに印加した電圧を、隣接する各組の圧電素子(11b, 11o), (11c, 11p) ..., の順序で回転するように移行すれば、従来のハーモニックドライブのウェーブ・ジェネレータが回転されるのと同様に動作する。そして、フレクスライン20に対してサーキュラ・スプライン30を回転させることができる。フレクスライン20およびサーキュラ・スプライン30の動作については、第7図において説明した従来のハーモニックドライブの動作と同じであるから詳細な説明は省略する。

以上の実施例は、向かい合う2個の圧電素子のみに電圧を印加してフレクスライン20を変形させているので、フレクスライン20は正確な楕円形状に変形するとは限らない。したがって、フレクスライン20を正確な楕円形状に変形させるためには、向かい合う2個の圧電素子に順次隣接する複数個の圧電素子にも同時に電圧を印加し、圧電素子駆動装置40によって個々の圧電素子に印加する電圧を制御することによって各圧電素子の電圧効果による伸長量を調整するようすればよい。一例として、第5図に全部の圧電素子11a～11yに電圧を印加し、全ての圧電素子がフレクスライン20の内周に接してフレクスラインをより正確な楕円形状に変形させた状態を示す。このような電圧配分を回転するように順次移行させることによって圧電ウェーブ・ジェネレータ10をよりスムーズに回転させることが可能となる。

## 〔発明の効果〕

以上説明したように本発明によれば、従来のハ

一モニックドライブと同様の機能を持ち、かつアクチュエータとしての機能を併せ持つ圧電素子を用いたモータを得ることができる。従って、従来のハーモニックドライブのようにモータと組合せる必要がないので、非常に小型で高性能な駆動部を形成することが容易に出来る。又、フレクスアラインに対するサーチュラ・スアラインの回転角度は、放射状に配列された各圧電素子に印加される電圧分配によって決まるため、ステッピングモータのようにディジタル的に制御することが出来る。

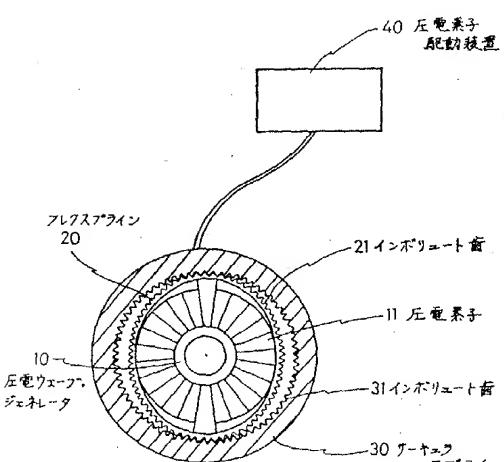
#### 4. 図面の簡単な説明

第1図および第2図は、本発明の一実施例を示す断面図、

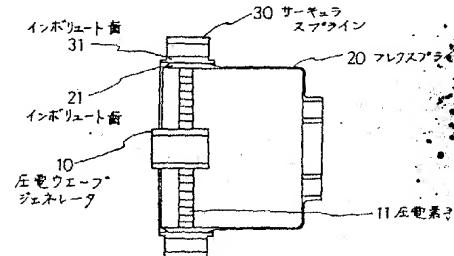
第3図、第4図および第5図は、第1図および第2図に示した実施例の動作原理を説明するための図、

第6図は、従来のハーモニックドライブを示す分解斜視図、

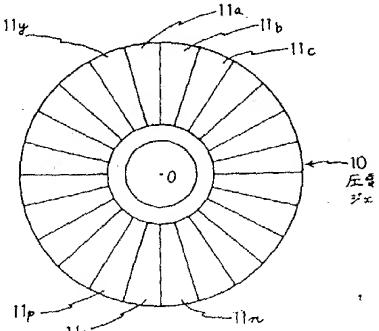
第7図は、第6図に示すハーモニックドライブ



第 1 図

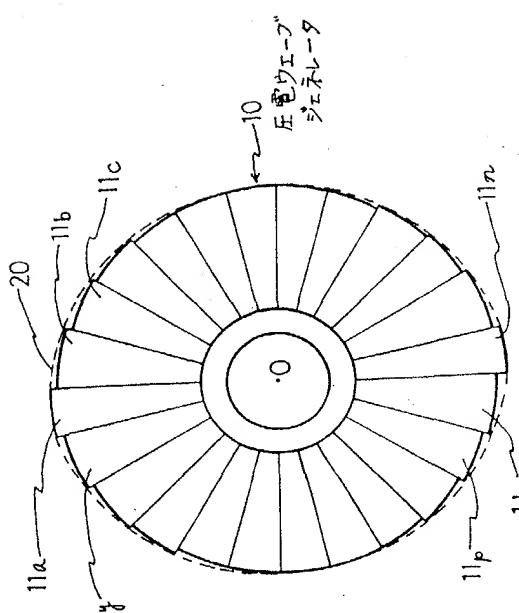


## 第 2 図

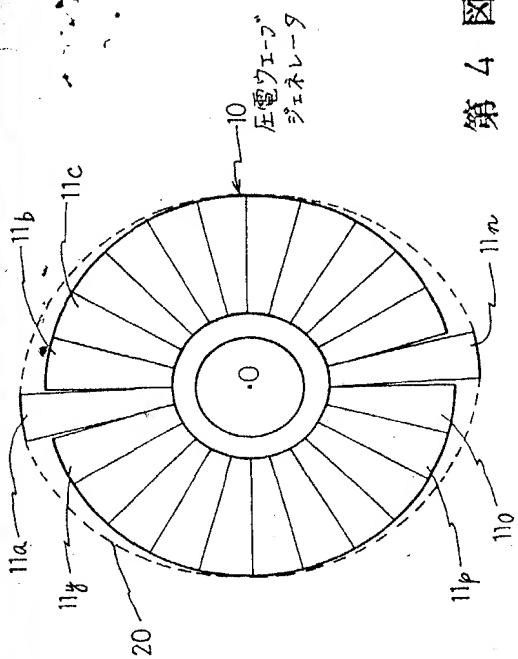


第 3

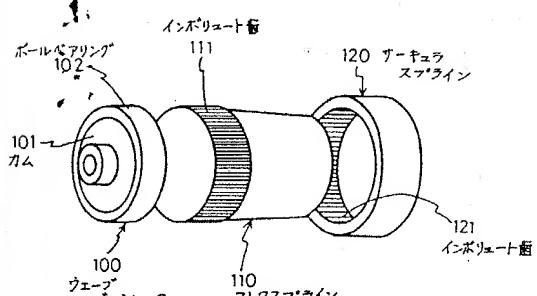
第5図



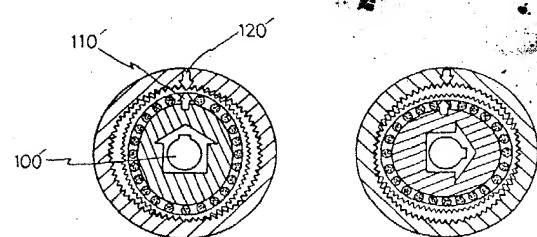
第4図



第6図

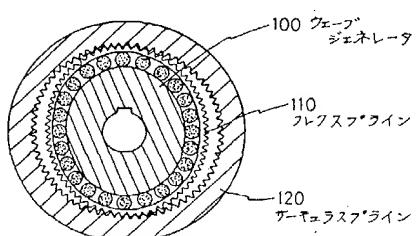


第6図



(a)

(b)



(c)

(d)

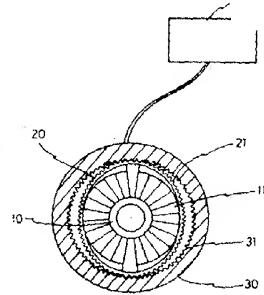
第8図

第7図

(54) MOTOR USING PIEZOELECTRIC ELEMENT  
(11) 61-142979 (A) (43) 30.6.1986 (19) JP  
(21) Appl. No. 59-265593 (22) 17.12.1984  
(71) NEC CORP (72) HIROKI IKEDA  
(51) Int. Cl. H02N2/00, H01L41/08

**PURPOSE:** To form a small-sized drive unit of high performance by using a wave generator made by radially and annularly disposing a plurality of piezoelectric elements.

**CONSTITUTION:** A motor using a plurality of piezoelectric elements 11 has piezoelectric wave generators 10 in which the plurality of piezoelectric elements 11 are radially and annularly arranged, a flake spline 20 made of thin cup-shaped elastic metal and formed with involute teeth 21 on the outer periphery of a hole, a circular spline 30 formed with teeth 31 having the same pitch as the teeth 21 and two teeth more than the number of the teeth 21 on the ring-shaped inner periphery, and a piezoelectric element drive circuit 40. Thus, voltage are applied to two elements 11a, 11n opposed on the radial line of the generator 10 to be elongated to deform the spline 20 in an elliptical shape to be contacted with the teeth 31 of the spline 30. The spline 30 can be rotated by sequentially shifting the voltage application to the adjacent sets of elements 11.



N C

⑨ 日本国特許庁 (JP)

⑩ 特許出願公開

⑪ 公開特許公報 (A)

昭61-142979

pt.CI.4

02 N 2/00  
01 L 41/08

識別記号

府内整理番号

8325-5H  
C-7131-5F

⑫ 公開 昭和61年(1986)6月30日

審査請求 未請求 発明の数 1 (全5頁)

の名称 圧電素子を用いたモータ

⑬ 特願 昭59-265593

⑭ 出願 昭59(1984)12月17日

明 著者 池田 弘樹 東京都港区芝5丁目33番1号 日本電気株式会社内  
願 人 日本電気株式会社 東京都港区芝5丁目33番1号  
理 人 弁理士 内原晋

明細書

の名称

圧電素子を用いたモータ

請求の範囲

外周に歯が刻まれた剛体のサークュラ・スプラインと、前記サークュラ・スプライン内に設けられた外周に前記サークュラ・スプラインの歯のかつて前記サークュラ・スプラインの歯異なる歯数の歯が刻まれた弾性体のフレインと、前記フレイン内に設けられた前記サークュラ・スプラインの中心に対しかつ環状に配列されかつ放射状方向に各結果を発生する複数個の圧電素子から成るアーブ・ジェネレータとを備え、向かい合とも2個の前記圧電素子に電圧を印加しサークュラ・スプラインの直徑上の2点一キュラ・スプラインと前記フレインが互いの歯を介して接するように電圧を印加させ、前記電圧配分を回転するように順することにより、前記フレイン

に対して前記サークュラ・スプラインを回転させることを特徴とする圧電素子を用いたモータ。

(2) 特許請求の範囲第1項に記載の圧電素子を用いたモータにおいて、前記フレインが楕円状をなすように、前記少なくとも2個の圧電素子に対して、各々電圧効果を発生させることを特徴とする圧電素子を用いたモータ。

3. 発明の詳細な説明

(産業上の利用分野)

本発明は、圧電素子の電圧効果を用いたモータに関するものである。

(従来技術とその問題点)

従来、ロボットの関節部や工作機械の送り機構部等にモータと減速ギヤとなるハーモニックドライブと組合わせて使用する場合が多かった。このハーモニックドライブは、高減速比が簡単に得られる、パックラッシュが小さい、回転精度が高い、部品点数が少なく組込み易い、小型・軽量である、高トルク容量が得られる、動力損失が少なく高効率である、振動が少ないなどの多くの特徴

を持っている。

しかし。ハーモニックドライブは単に減速ギヤであって、アクチュエータではないので、モータ等のアクチュエータと組合せて使用する必要があった。

#### (発明の目的)

本発明の目的は、従来のハーモニックドライブの持つ特徴を生かしあつアクチュエータとなる、圧電素子を用いたモータを提供することにある。

#### (発明の構成)

本発明の圧電素子を用いたモータは、内周に歯が刻まれた剛体のサークュラ・スラインと、前記サークュラ・スライン内に設けられ、外周に前記サークュラ・スラインの歯とかみ合いかつ前記サークュラ・スラインの歯の歯数と異なる歯数の歯が刻まれた弾性体のフレクススラインと、前記フレクススライン内に設けられ、前記サークュラ・スラインの中心に対して放射状かつ環状に配列されかつ放射状方向に各々電圧効果を発生する複数個の圧電素子から成る圧電ウェーブ・ジ

エネレータとを備え、向かい合う少なくとの前記圧電素子に電圧を印加して、前記サークュラ・スラインの直徑上の2点で前記サークュラ・スラインと前記フレクススラインとが歯を介して接するように電圧効果を発生させ記電圧配分を回転するように順次移行させにより、前記フレクススラインに対して育キュラ・スラインを回転させることをめている。

#### (作用)

本発明の圧電素子を用いたモータは、ハーモニックドライブと同様な動作を自身で行うカップ型のハーモニックドライブを例にと理を説明する。

第6図にカップ型ハーモニックドライブ斜視図を、第7図にその断面図を示す。ハーモニックドライブは、梢円状のカムその外周にはめ込まれ外輪が弾性変形すべアリング102から構成されるウェーブ・ジェネレータ100と、薄肉のカップ状の金

で開口部の外周にインボリュート歯111が刻まれたフレクススライン110と、剛体でリング状をし内周にフレクススライン110のインボリュート歯111と同ピッチでこれより歯数が2枚多いインボリュート歯121が刻まれたサークュラ・スライン120との3点の基本要素から構成されている。ウェーブ・ジェネレータ100は、外部に接続されたモータ等によって回転させられ、その回転は順次サークュラ・スライン120に伝達される。

このような構成のカップ型ハーモニックドライブの動作原理を第8図を参照しつつ説明する。第8図において、各矢印100'、110'、120'は、第6図に示すウェーブ・ジェネレータ100、フレクススライン110、サークュラ・スライン120の回転位置をそれぞれ示す。ウェーブ・ジェネレータ100が、外部に接続されたモータ等によって回転され、第8図(a)に示すような回転位置にあるとき、ウェーブ・ジェネレータ100によって梢円状にたわめられたフレク

スライン110が長軸部でサークュラ・スライン120と互いのインボリュート歯にあっている。ウェーブ・ジェネレータ第8図(a)の位置から時計方向に90度回転すると、第8図(b)に示すようにかみ合移動する。ウェーブ・ジェネレータ100が第8図(b)の位置から時計方向にさら回転すると、フレクススライン110は180度だけ反時計方向に移動する。ウェーブ・ジェネレータ100が時計方向に一回転する(c)に示すようにフレクススライン110は90度だけ反時計方向に移動する。従来のハーモニックドライブは、外部に接続されたモータ等によってウェーブ・ジェネレータ100が回転されると、その結果フレクススライン110に対してサークュラ・スライン120が回転することになる。

本発明では従来のハーモニックドライブと異なり、ウェーブ・ジェネレータ100を個の圧電素子を放射状かつ環状に配

以上說明「大本營本務署」之地址、號碼、地圖之分  
(說明的結果)

图 3-1-11 现代电子计算机的硬件组成

特圖照61-142979(3)

封閉印61-142979

ハーモニックドライブと同様の機能を持ち、かつアクチュエータとしての機能を併せ持つ圧電素子を用いたモータを得ることができる。従って、従来のハーモニックドライブのようにモータと組合せる必要がないので、非常に小型で高性能な駆動部を形成することが容易に出来る。又、フレクスブラインに対するサーチュラ・スプラインの回転角度は、放射状に配列された各圧電素子に印加される電圧配分によって決まるため、ステッピングモータのようにデジタル的に制御することが出来る。

#### 4. 図面の簡単な説明

第1図および第2図は、本発明の一実施例を示す断面図。

第3図、第4図および第5図は、第1図および第2図に示した実施例の動作原理を説明するための図。

第6図は、従来のハーモニックドライブを示す分解斜視図。

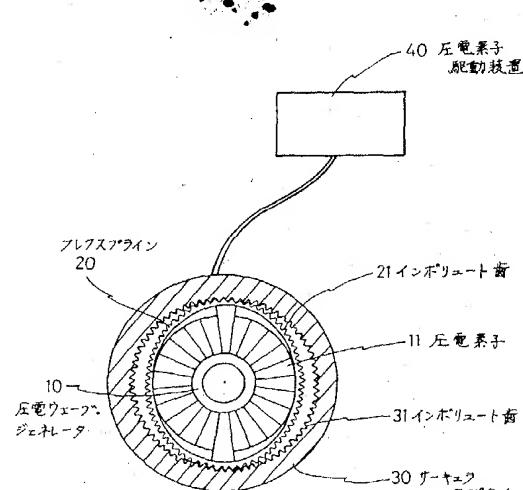
第7図は、第6図に示すハーモニックドライブ

の断面図。

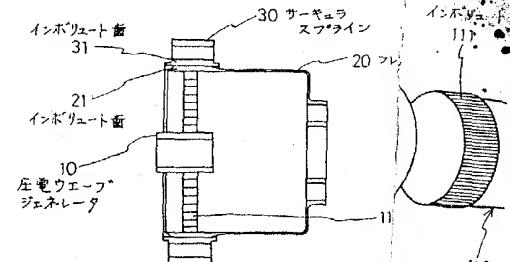
第8図は、第6図に示すハーモニックドライブの動作原理を説明するための図である。

- 10 . . . 圧電ウェーブ・ジェネレーター
- 11, 11a ~ 11y . . 圧電素子
- 20, 110 . . フレクスブライン
- 21, 31 . . インボリュート歯
- 30, 120 . . サーチュラ・スプライン
- 40 . . . 圧電素子駆動装置
- 100 . . . ウェーブ・ジェネレータ

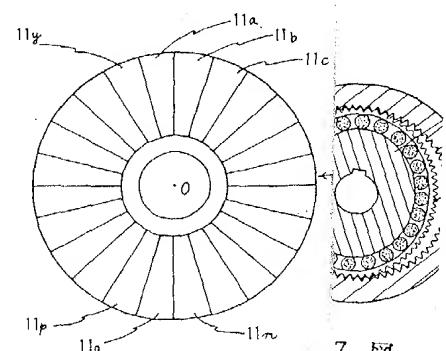
代理人弁理士 内原 晋



第1図

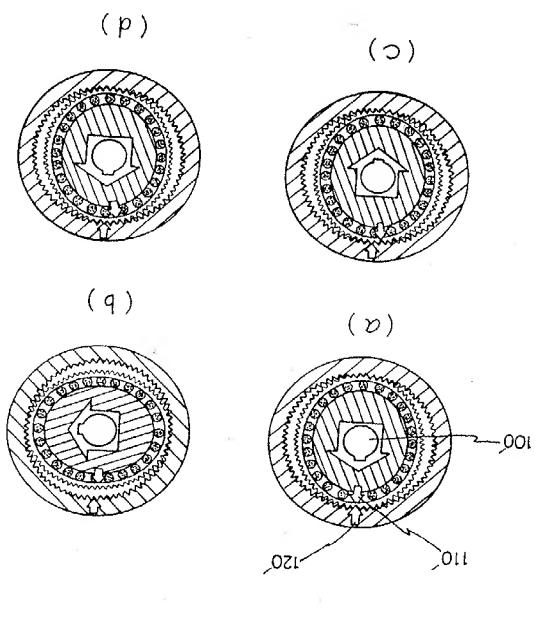


第2図  
第6図

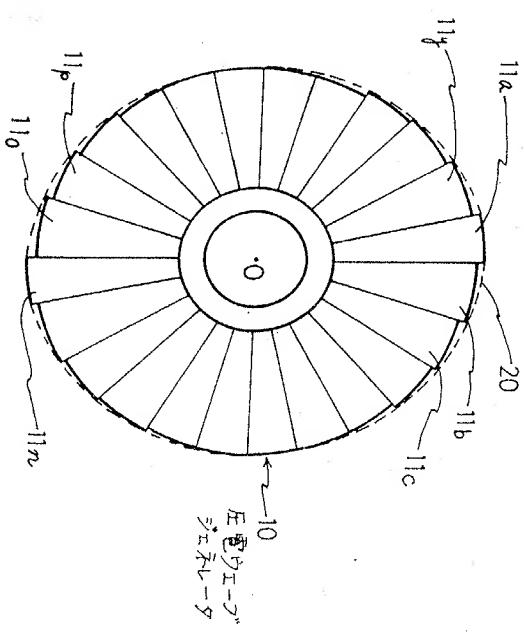


第6図  
第7図

四〇三

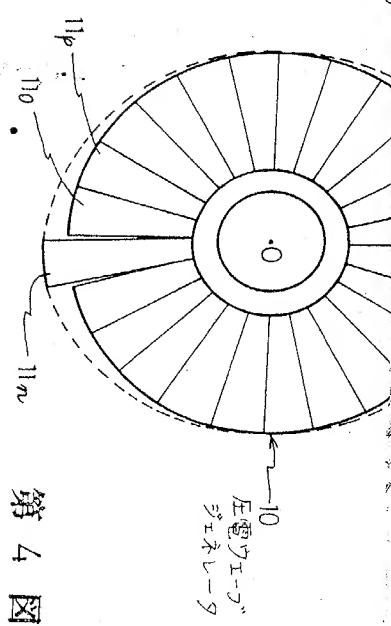


卷五



封閉圖61-142979(5)

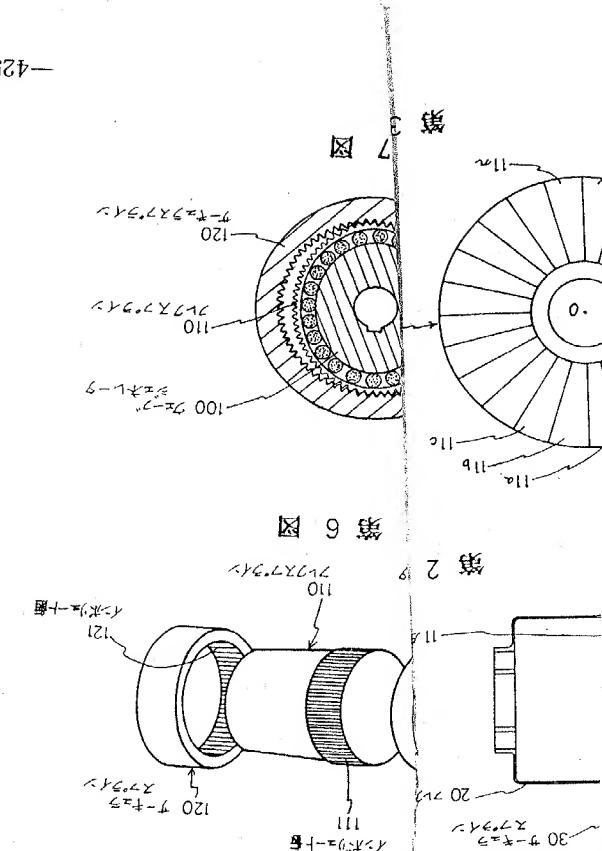
第4回



圖版 61-142979(

內原書

9



310/328

PTO 95-901

Japan, Kokai  
61-142979

MOTOR WHICH USES A PIEZOELECTRIC ELEMENT  
[Atsuden Soshi o Mochiita Mota]

Hiroki Ikeda

NC

UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE  
Washington, D. C. December 1994

Translated by: Schreiber Translations, Inc.

Country : Japan  
Document No. : 61-142979  
Document Type : Kokai  
Language : Japanese  
Inventors : Hiroki Ikeda  
Applicant : NEC Corp.  
IPC : H 02 N 2/00  
                  H 01 L 41/08  
Application Date : December 17, 1984  
Publication Date : June 30, 1986  
Foreign Language Title : Atsuden Soshi o Mochiita  
                          Mota  
English Title : MOTOR WHICH USES A  
                          PIEZOELECTRIC ELEMENT

1. Title of the Invention: MOTOR WHICH USES A PIEZOELECTRIC ELEMENT

2. Claims

1. A motor which uses a piezoelectric element which possesses a rigid circular spline wherein teeth have been carved on its inner circumference, an elastic flake spline wherein teeth which are locked with the teeth of said circular spline and the number of which differs from that of the teeth of said circular spline have been carved on its outer circumference, and a piezoelectric wave generator which is configured in said flake spline and which consists of multiple piezoelectric elements which are aligned to the center of said circular spline in radial and cyclic fashions and which each generate electrical distortion effects, wherein such electrical distortion effects are generated by impressing a voltage on at least two of said piezoelectric elements which mutually face one another in such a way that said circular spline and said flake spline will be contacted via their respective teeth at two points on the diameter of said circular spline, and wherein said voltage distribution is consecutively shifted in a rotating fashion in such a way that said circular spline will be rotated in relation to said flake spline.

2. A motor which uses a piezoelectric element with the

---

<sup>1</sup>Numbers in the margin indicate pagination in the foreign text

following characteristics: In the motor which uses a piezoelectric element specified in Claim 1, said flake spline induces at least two of said piezoelectric elements to generate electrical distortion effects in such a way that it will be deformed in an elliptical fashion.

### 3. Detailed explanation of the invention

(Industrial application fields of the invention)

- The present invention concerns a motor which uses the electrical distortion effects of piezoelectric elements.

(Prior art of the invention and its problems)

In many cases, motors have heretofore been used in combination with harmonic drives which serve as decelerating gears in the joints of robots, feeding mechanisms, etc. of machining tools, etc. This harmonic drive has numerous characteristics: A high deceleration ratio can be easily attained; the backlash is minimal; the rotation precision is high; the assembly is simple since the number of components is small; compact size and light weight; a high torque capacitance can be achieved; the power loss is minimal, and the efficiency is high; vibrations are minimal; etc. /2

The harmonic drives, however, are simply decelerating gears, and since they are not actuators, they must be used in combination with actuators (e.g., motors, etc.).

(Objectives of the invention)

The objective of the present invention is to provide a motor which uses a piezoelectric element, which takes advantage of the characteristics of the conventional harmonic drive, and which also serves as an actuator.

(Constitution of the invention)

The motor of the present invention which uses a piezoelectric element possesses a rigid circular spline wherein teeth have been carved on its inner circumference, an elastic flake spline wherein teeth which are locked with the teeth of said circular spline and the number of which differs from that of the teeth of said circular spline have been carved on its outer circumference, and a piezoelectric wave generator which is configured in said flake spline and which consists of multiple piezoelectric elements which are aligned to the center of said circular spline in radial and cyclic fashions and which each generate electrical distortion effects; moreover, such electrical distortion effects are generated by impressing a voltage on at least two of said piezoelectric elements which mutually face one another in such a way that said circular spline and said flake spline will be contacted via their respective teeth at two points on the diameter of said circular spline, and said voltage distribution is consecutively shifted in a rotating fashion in such a way that said circular spline will be rotated in relation to said flake spline.

(Functions of the invention)

The motor of the present invention which uses a piezoelectric element engages in motions similar to those of harmonic drives, and its action principle will be explained with reference to a case of a cup-shaped harmonic drive.

Figure 6 shows a dissected oblique view of a cup-shaped harmonic drive, and its cross-sectional view is shown in Figure 7. The cup-shaped harmonic drive consists of the following three basic elements: The wave generator (100), which consists of the elliptical cam (101) and the ball bearing (102), which is inserted into its outer circumference and whose outer ring is elastically deformed, the flake spline (110), which consists of a thin cup-shaped metal elastic body and wherein the involute teeth (111) are carved on the outer circumference of its opening, and the circular spline (120), which is a rigid ring-shaped body and wherein the involute teeth (121), the pitch of which is identical to that of the involute teeth (111) of the flake spline (110) and the number of which is larger by 2, have been carved on the inner circumference. The wave generator (100) is rotated by a motor, etc., which are connected to the outside, and its rotation is transmitted consecutively to the circular spline (120).

The action principle of the cup-shaped harmonic drive with the foregoing constitution will be explained with reference to Figure 8. In Figure 8, the arrows (100'), (110'), and (120') signify the rotating positions of the wave generator (100), flake spline (110), and circular spline (120) shown in Figure 6, respectively. In a

case where the wave generator (100), which is rotated by a motor, etc. which are connected to the outside, is located at the rotating position shown in Figure 8 (a), the flake spline (110), which has been elliptically deformed by the wave generator (100), is locked with the circular spline (120) in the long axial segment via their respective involute teeth. When the wave generator (100) is rotated clockwise by 90° from the position of Figure 8 (a), the locking position also shifts, as Figure 8 (b) indicates. When the wave generator (100) is further rotated clockwise by 90° from the position of Figure 8 (b), the flake spline (110) shifts in the counterclockwise direction by a margin corresponding to a single tooth. When the wave generator (100) is fully rotated in the clockwise direction, the flake spline (110) shifts in the counterclockwise direction by a margin corresponding to two teeth, as Figure 8 (d) indicates. In such a conventional harmonic drive, the wave generator (100) is rotated by a motor, etc. which are connected to the outside, and as a result, the circular spline (120) is rotated in relation to the flake spline (110).

The wave generator (100) employed in the conventional harmonic drive is obliterated in the present invention, and instead, a wave generator which consists of multiple piezoelectric elements which are aligned in radial and cyclic fashions (hereafter referred to /3 simply as the "piezoelectric wave generator") is employed. As far as this piezoelectric wave generator is concerned, electrical distortion effects are generated by impressing a voltage on at least two of said piezoelectric elements which mutually face one

another. As a result, an elliptical shape comparable to that produced by the wave generator (100) is obtained. If the voltage hereby impressed is consecutively shifted to an adjacent piezoelectric element, the long axis, which is characterized by an elliptical shape, is rotated, and as a result, an action similar to that of a case where the wave generator (100) is rotated from the outside can be invoked by using the piezoelectric wave generator.

(Application examples of the invention)

Figures 1 and 2 are charts which show an application example of the motor of the present invention which uses a piezoelectric element. Figure 1 shows a cross-sectional view in a direction perpendicular to the motor rotation axle, whereas Figure 2 shows a cross-sectional view in a direction parallel to the motor rotation axle.

This motor possesses the piezoelectric wave generator (10), which has been obtained by configuring multiple piezoelectric elements (11) in radial and cyclic fashions, the flake spline (20), which consists of a thin cup-shaped metal elastic body and wherein the involute teeth (21) have been carved on the outer circumference of the opening, the circular spline (30), which is a rigid ring-shaped body and wherein the involute teeth (31), the pitch of which is identical to that of the involute teeth (21) of the flake spline (20) and the number of which is larger by 2, and the piezoelectric element drive device (40), which individually controls the driving actions of the multiple piezoelectric elements (11).

In the paragraphs to follow, the actions of the motor with the foregoing constitution will be explained with reference to Figures 3 and 4. Figures 3 and 4 show the piezoelectric elements (11a), (11b), ... (11y), which constitute the piezoelectric wave generator (10). The case of Figure 3 pertains to an inactive state, whereas the case of Figure 4 pertains to an active state.

The piezoelectric elements (11a) through (11y), which are configured in radial and cyclic fashions in relation to the center (O) of the circular spline (30), constitute the piezoelectric wave generator (10), as Figure 3 indicates. Electrical distortion effects are invoked by each of the piezoelectric elements in a case where a voltage is impressed under the control of the piezoelectric element drive device (40), and as a result, it is elongated in the radial direction. As Figure 4 indicates, in a case where voltages are impressed on the two piezoelectric elements (11a) and (11n), which oppose one another along the diameter of the circular piezoelectric wave generator (10), these piezoelectric elements are elongated in the radial direction, and as the dotted line in the figure indicates, the flake spline (20) is deformed in an elliptical fashion, and the circular spline (30) and the flake spline (20) are contacted on two points along the diameter of the circular spline (30) via their respective involute teeth. The voltages impressed on the two piezoelectric elements (11a) and (11n) are rotated by the piezoelectric element drive device (40) in such a way that the effects will be transmitted to adjacent sets in the order of piezoelectric elements (11b) and (11o), (11c) and

(11p), ... As a result, an action similar to that of a case where the wave generator of the conventional harmonic drive is rotated can be invoked. In such a case, the circular spline (30) can be rotated in relation to the flake spline (20). The actions of the flake spline (20) and circular spline (30) are similar to the corresponding actions of the conventional harmonic drive which has been explained with reference to Figure 7, and no detailed explanations are hereby provided.

In the foregoing application example, the flake spline (20) is deformed by impressing voltages on a pair of opposing piezoelectric elements, and there is no guarantee that the flake spline (20) will be precisely deformed into an elliptical shape. In order to induce a precise elliptical deformation of the flake spline (20); therefore, voltages are simultaneously impressed on multiple piezoelectric elements adjacent to the two mutually opposing piezoelectric elements, and the voltages impressed on the individual piezoelectric elements are controlled by the piezoelectric element drive device (40) in such a way that the magnitude of elongation due to the electrical distortion effects of each piezoelectric element will be adjusted. The state of a case where voltages are impressed on all piezoelectric elements (11a) through (11y) and where the flake spline (20), the inner circumference of which is contacted with all the piezoelectric elements, has been deformed into a more precise elliptical shape is shown in Figure 5 as an example. If the voltage distributions are thus shifted in a rotating fashion, the piezoelectric wave

generator (10) can be rotated more smoothly.

(Effects of the invention)

As the foregoing explanations demonstrate, a motor which serves functions similar to those of conventional harmonic drives and which also serves actuator functions can be obtained in the present invention. There is no need to use an additional motor in combination, which is necessary in the conventional harmonic drive, and as a result, an extremely compact high-performance drive unit can be easily formed. The rotation angle of the circular spline in relation to the flake spline is determined by the distributions of voltages impressed on the individual piezoelectric elements configured in a radial fashion, and therefore, digital control becomes possible, as in the case of a stepping motor. /4

4. Brief explanation of the figures

Figures 1 and 2 show cross-sectional views of an application example of the present invention.

Figures 3, 4, and 5 are charts provided for explaining the action principle of the application example shown in Figures 1 and 2.

Figure 6 shows a dissected oblique view of a conventional harmonic drive.

Figure 7 shows a cross-sectional view of the harmonic drive shown in Figure 6.

Figure 8 is a chart provided for explaining the action

principle of the harmonic drive shown in Figure 6.

- (10): Piezoelectric wave generator;
- (11) and (11a) through (11y): Piezoelectric elements;
- (20) and (110): Flake spline;
- (21) and (31): Involute teeth;
- (30) and (120): Circular spline;
- (40): Piezoelectric element drive device;
- (110): Wave generator.

Figure 1

[(10): Piezoelectric wave generator; (11): Involute teeth; (20):  
Flake spline; (21): Involute teeth; (30): Circular spline; (31):  
Involute teeth; (40): Piezoelectric element drive device]

Figure 2

[(10): Piezoelectric wave generator; (11): Piezoelectric element;  
(20): Flake spline; (21): Involute teeth; (30): Circular spline;  
(31): Involute teeth]

Figure 3

[(10): Piezoelectric wave generator]

/5

Figure 4

[(10): Piezoelectric wave generator]

Figure 5

[(10): Piezoelectric wave generator]

Figure 6

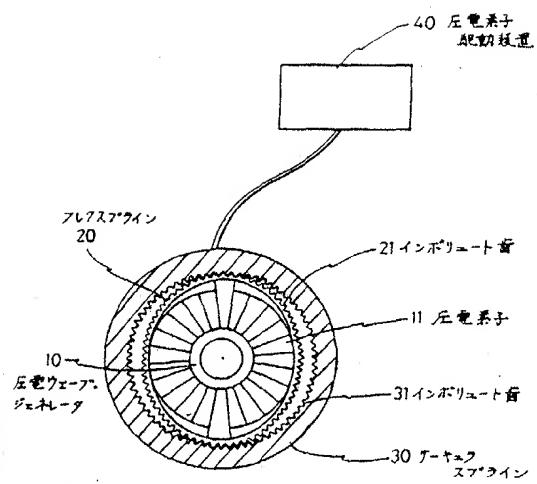
[(101): Cam; (102): Ball bearing; (110): Flake spline; (111): Involute teeth; (120): Circular spline; (121): Involute teeth]

Figure 7

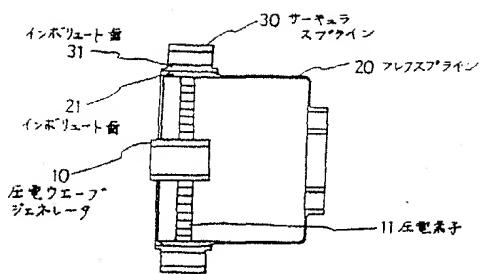
[(100): Wave generator; (110): Flake spline; (120): Circular spline]

Figure 8

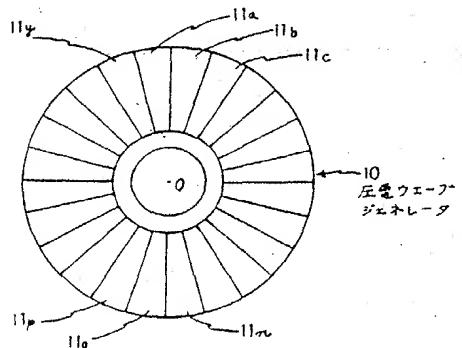




第 1 図



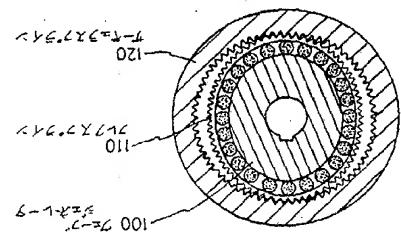
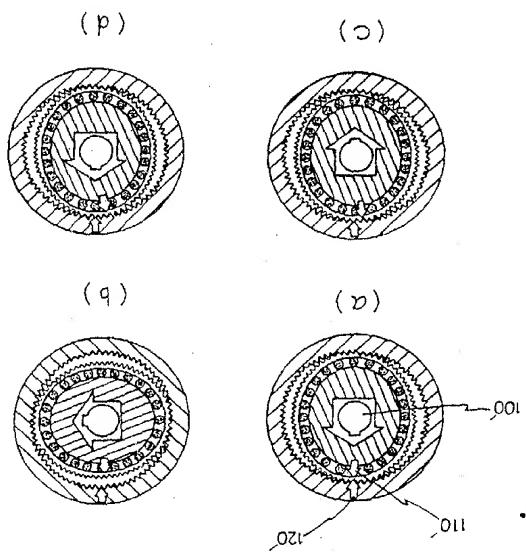
第 2 図



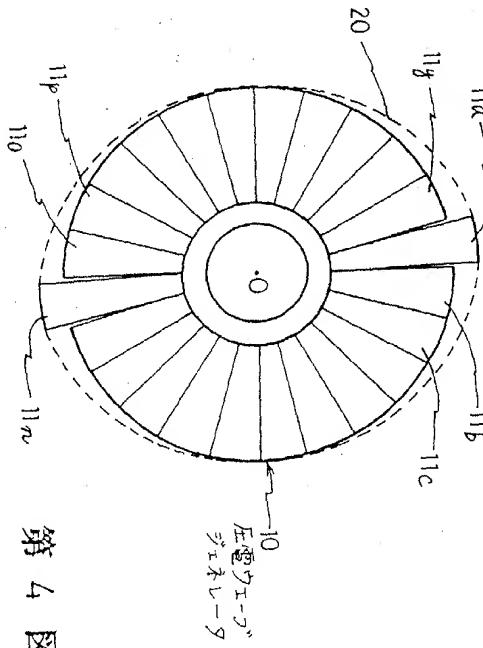
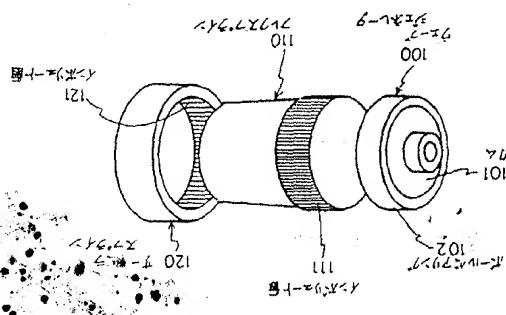
第 3 図

第 7 図

第 8 図



第 9 図



第 4 図

第 5 図

310/328

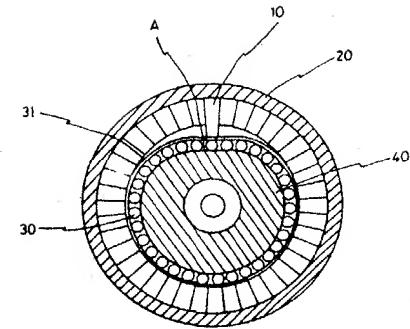
JA 0142978  
JUN 1986

## (54) STEP MOTOR USING PIEZOELECTRIC ELEMENT

(11) 61-142978 (A) (43) 30.6.1986 (19) JP  
(21) Appl. No. 59-265592 (22) 17.12.1984  
(71) NEC CORP (72) HIROKI IKEDA  
(51) Int. Cl<sup>4</sup>. H02N2/00

**PURPOSE:** To readily generate high torque by a flat step motor of small size by combining a ball bearing to be elastically deformed with a cam of the shape having a flat portion.

**CONSTITUTION:** A step motor has a plurality of piezoelectric elements disposed in a circular shape, a cylindrical piezoelectric element supporting frame 20 for supporting the elements, a ball bearing 30 elastically deformed by a pressure by the elements 10, and a cam 40 having a flat portion A. The elements 10 are arranged and supported to the inside of the frame 20, and the bearing 30 has an outer elastic race 31 to be elastically deformed. Thus, when a voltage is applied to the elements 10, the elements 10 are elongated toward the rotating center of the cam 40, and pressure is applied to the bearing 30. The bearing 30 is elastically deformed by the pressure to move the cam 40. The voltage application is switched sequentially to the adjacent elements 10 to rotate the cam 40.



N C

⑯ 日本国特許庁 (JP)

⑮ 特許出願公開

⑯ 公開特許公報 (A)

昭61-142978

⑯ Int.Cl.<sup>4</sup>

H 02 N 2/00

識別記号

府内整理番号

8325-5H

⑯ 公開 昭和61年(1986)6月30日

審査請求 未請求 発明の数 1 (全5頁)

⑭ 発明の名称 圧電素子を用いたステップモータ

⑮ 特願 昭59-265592

⑮ 出願 昭59(1984)12月17日

⑯ 発明者 池田 宏樹 東京都港区芝5丁目33番1号 日本電気株式会社内  
⑯ 出願人 日本電気株式会社 東京都港区芝5丁目33番1号  
⑯ 代理人 弁理士 内原 晋

明細書

1. 発明の名称

圧電素子を用いたステップモータ

2. 特許請求の範囲

(1) 少なくとも1箇所に偏平部分を有する形状のカムと、前記カムの外周に組合された弾性変形するポールベアリングと、前記ポールベアリングを取り巻く円周の少なくとも一部に沿って配列された複数の圧電素子と、複数の前記圧電素子を支持する圧電素子支持枠とを備え、前記圧電素子の何れかに順次電圧を印加することにより発生する電歪効果を用いて前記弾性変形するポールベアリングを前記カムの回転中心に向って押圧することにより、前記ポールベアリングを介して前記カムを回転させることを特徴とする圧電素子を用いたステップモータ。

3. 発明の詳細な説明

(産業上の利用分野)

本発明は、圧電素子の電歪効果を用いたステップモータに関するものである。

(従来技術とその問題点)

従来、小型モータにはマイクロモータ、コアレスモータ、ブラシレスモータ、ステップモータ等の多くの種類のモータが有り、それぞれ優れた特徴を有している。しかし、これらは何れも磁気の特性を利用してるので、小型、偏平にしかつ高トルクを発生させるには不向きであった。

(発明の目的)

本発明の目的は、従来にない新しい方式で、小型、偏平にしかつ高トルクを容易に発生し、ステップモータのようにデジタル的に回転制御出来る、圧電素子を用いたステップモータを提供することにある。

(発明の構成)

本発明の圧電素子を用いたステップモータは少なくとも1箇所に偏平部分を有する形状のカムと、前記カムの外周に組合された弾性変形するポールベアリングと、前記ポールベアリングを取り巻く円周の少なくとも一部に沿って配列された複数の圧電素子と、複数の前記圧電素子を支持する

142978(3)

電素子の代りに  
ようとしている  
である。

ム40が丸みを  
ムが90°回転  
なる。故に、4  
正電素子は、カ  
するだけで第一

構成及び動作を  
二、第三の実施  
はこれら実施例  
明の範囲内で種  
え、第一～第  
素子に対して同  
生したり、ある  
圧電素子を2分  
を減らしかつ多  
を印加して高ト  
できる。また、

例の断面図であ

音棒  
リング

支持部  
偏平部分

晋

電素子支持棒とを備え、前記圧電素子の何れかに順次電圧を印加することにより発生する電歪効果を用いて前記弹性変形するボールベアリングを前記カムの回転中心に向って押圧することにより、前記ボールベアリングを介して前記カムを回転させることを特徴としている。

#### (作用)

本発明の圧電素子を用いたステップモータは、弹性変形するボールベアリングと何れかに偏平部分を有する形状のカムとを組合せる。そこで、前記カムの偏平部分の中心から少しそれぞれ位置にボールベアリングを介して外部から前記カムの回転中心に向って圧力を加えると、前記ボールベアリングによって常に前記カムの偏平部分の中心に前記圧力が加わるように前記カムが回転し安定する。従って、前記カムに対して圧力を加える位置を回転するように移していくと、前記カムは前記圧力が加えられる位置に追従するように回転する。

そこで、この原理を利用して前記ボールベアリングを取巻く円周上に配列された複数の圧電素子

特開昭61-142978(2)

の電歪効果により発生される力を前記圧力として加えると、前記カムがモータのように回転することになる。

#### (実施例)

第1図は、本発明の圧電素子を用いたステップモータの第一の実施例を示す斜視図、第2図は、第1図のステップモータの断面図、第3図及び第4図は、第2図を分解した図である。

このステップモータは、円形状に配列された複数の圧電素子10と、これら圧電素子を支持する円筒状の圧電素子支持棒20と、圧電素子によって加えられる圧力によって弹性変形するボールベアリング30と、このボールベアリングに組合せられ、偏平部分を有する形状のカム40とを備えている。複数の圧電素子10は、第4図に示すように、圧電素子支持棒20の内側に円形状に配列され支持されている。ボールベアリング30は、第3図に示すように、弹性変形する弹性外輪31を備え、ボールベアリングの内輪はカム40と一体となるように構成されている。カム40の形状

はほぼ円形状であるが、第3図に示すように、1箇所の偏平部分Aを有している。このようなボールベアリング30とカム40との組合せは、第2図に示すように、円形状に配列された複数の圧電素子10がボールベアリング30を取巻いて支持するように配置される。

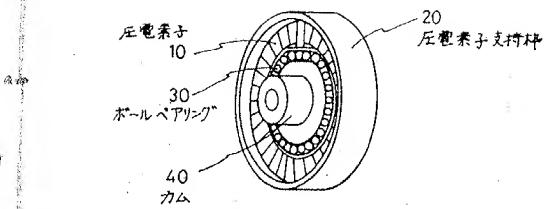
このような構造のステップモータにおいて、圧電素子10に電圧を印加すると、圧電素子は電歪効果を発生してカム40の回転中心に向って伸長し、ボールベアリング30に圧力を加える。この圧力によってボールベアリングが弹性変形し、カム40の偏平部分Aの中心から少しそれぞれ位置に圧力が加わると、カムの偏平部分Aの中心にこの圧力が加わるようカム40が回転し安定する。第2図は、伸長した圧電素子10によって、ボールベアリング30を介してカム40の偏平部分Aの中心に圧力が加えられている状態を示す。そこで、圧電素子10に印加する電圧を順次隣接する圧電素子に移すように切換えることで、ボールベアリング30に加えられる圧力が順次移動し、カ

ム40はボールベアリング30によってカム40の偏平部分Aが常に圧電素子によって圧力が加えられた位置に追従するように回転する。従って、各圧電素子に対する印加電圧を一回転するように順次切換えることにより、カム40は一回転する。さらに、第2図、第4図からも分かるように、配列される圧電素子の数により、カム40の回転ピッチが決まる。各圧電素子への電圧の印加方法および切換方法は、当業者によって容易に類推出来るものであるから説明は省略する。

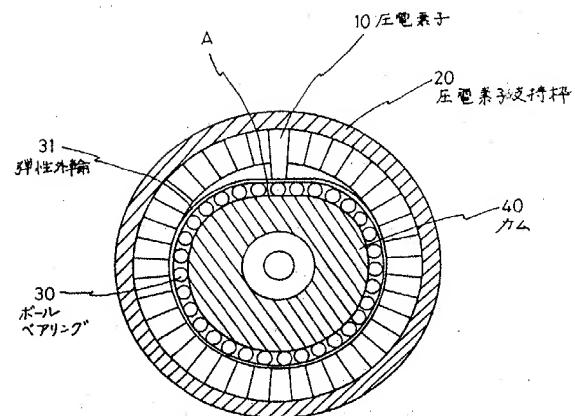
第5図は、本発明の第二の実施例を示す圧電素子を用いたステップモータの断面図である。このステップモータは、第一の実施例と比較して、カム40が楕円形状をしており、2箇所の偏平部分B、Cを有している点が異なるのみであり、その他の構成は同じである。

そこで、圧電素子支持棒20の直径上に位置する2つの圧電素子10aおよび10bの両方に、又は1つの圧電素子10a若しくは10bの何れかに対して電圧を印加し、電歪効果を発生させカ

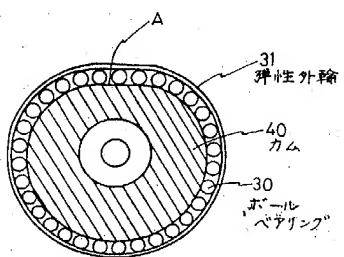




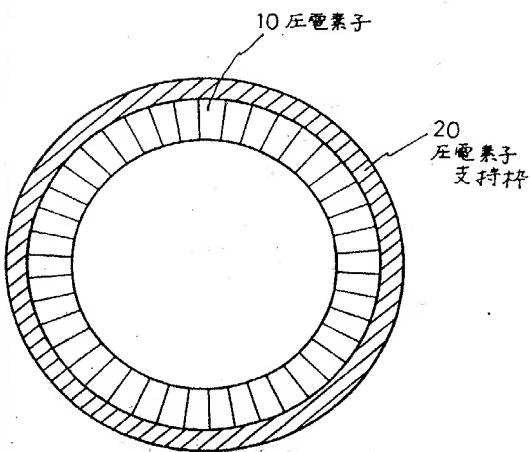
第 1 図



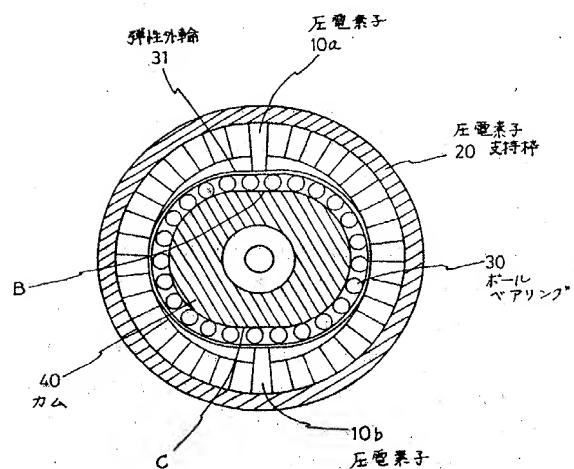
第 2 図



第 3 図

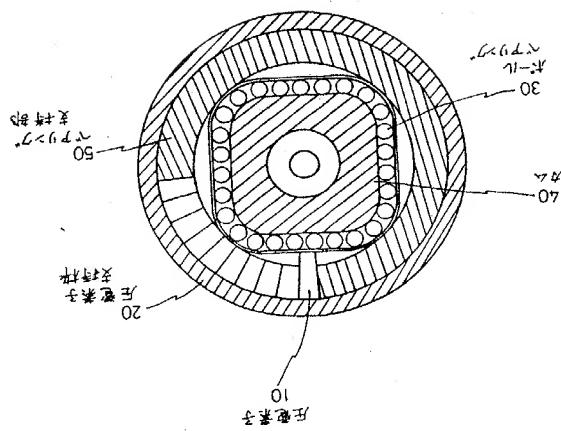


第 4 図



第 5 図

第6圖



特開昭61-142978(5)